

Analisis Kinerja Simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta

Performance Analysis of Signalized Intersection at Adisucipto Yogyakarta

Ferianto Lukmana Ardiansyah, Noor Mahmudah

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Pertumbuhan volume kendaraan yang tidak seimbang dengan penyediaan ruang jalan merupakan salah satu penyebab terjadinya kemacetan lalu lintas. Kemacetan sering terjadi pada jalan-jalan perkotaan yang merupakan pusat aktivitas atau kegiatan manusia. Kota Yogyakarta sebagai kota pelajar dan tujuan wisata memberikan pengaruh besar bagi peningkatan volume kendaraan yang berdampak pada lingkungan oleh timbulnya emisi gas buang kendaraan sebagai penyumbang pencemaran udara. Simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta adalah salah satu simpang dengan volume lalu lintas tinggi yang berpotensi menimbulkan kemacetan lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang menggunakan metode MKJI 1997 dan pemodelan *Vissim 11.00-08 student version*. Hasil penelitian pada hari kerja pukul 06.00 – 18.00 didapatkan jam puncak pada periode waktu 07.00 – 08.00. Pemodelan *Vissim* menunjukkan kinerja simpang pada kondisi eksisting periode waktu 07.00 – 08.00 sangat buruk dengan tingkat pelayanan (*Level of Service*) F, tundaan rata-rata 102,04 detik/kendaraan, panjang antrian maksimum sebesar 249,61 m, dan panjang antrian rata-rata 169,54 m. Pencemaran udara yang ditunjukkan dengan emisi karbon monoksida (CO) sebesar 680,79 gram, emisi nitrogen oksida (NO_x) 132,46 gram, dan senyawa organik menguap (VOC) 157,78 gram. Konsumsi bahan bakar pada simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta sebesar 9,74 US *liquid gallon* atau setara 2,57 liter. Hasil analisis MKJI 1997 dengan *Vissim* didapatkan nilai yang berbeda yaitu LOS, tundaan, dan panjang antrian. Analisis menggunakan *Vissim* lebih baik dibandingkan dengan MKJI 1997 karena *Vissim* dapat mensimulasikan lalu lintas kendaraan dengan kondisi di lapangan serta memungkinkan penyesuaian perilaku pengemudi yang dapat mengurangi panjang antrian dan tundaan di Simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta.

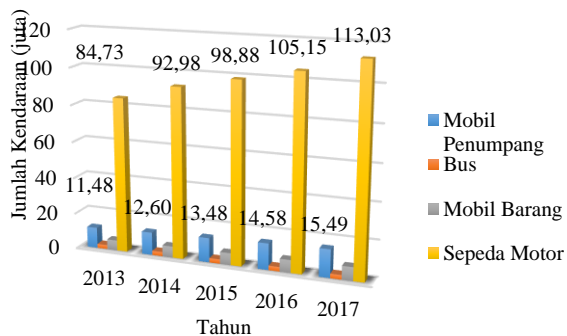
Kata-kata kunci: Derajat Kejenuhan, MKJI 1997, Panjang Antrian, Tundaan, *Vissim*.

Abstract. The unbalanced vehicle growth with the availability of road space is one the causes of traffic congestion. Congestion is often occurred on urban roads which are located at the center of the activities. The city of Yogyakarta as a student city and tourism destination has a big influence on increasing of vehicles that have an impact on the environment by the presence of vehicle emissions as a contributor to air pollution. The intersection of Yogyakarta Adisucipto Airport has high traffic volume which is potentially causing traffic congestion. Therefore this study aims to analyze the intersection performance using the MKJI 1997 regulation and *Vissim 11.00-08 student version* modeling as comparison. The results of study on working days at 06.00-18.00 showed that the peak hour was occurred in the period of 07.00 - 08.00. The *Vissim* modeling resulted the existing condition at the 07.00 - 08.00 time period was very bad with the level of service F, an average delay of 102.04 second per vehicle, the maximum queue length value at 249.61 m, and the average queue length at 169.54 m. Existing air pollution is indicated by emissions of carbon monoxide (CO) 680.79 gram, nitrogen oxides (NO_x) 132.46 gram, and volatile organic compounds (VOC) 157.78 gram. Fuel consumption at the intersection of Yogyakarta's Adisucipto Airport is 9.74 US liquid gallons or equivalent to 2.57 liters. The results of the MKJI 1997 analysis using *Vissim* showed different values of LOS, delay, and queue length. The analysis using *Vissim* is better than MKJI 1997 because *Vissim* can model vehicles and traffic appropriately so it can reduce queue length and delay at the Adisucipto Airport intersection in Yogyakarta.

Key words : Degree of Saturation, Delay, MKJI 1997, Queue Length, *Vissim*.

1. Pendahuluan

Sebagai salah satu Negara berkembang, Indonesia memiliki pertumbuhan penduduk yang tinggi dengan jumlah pertumbuhan penduduk di Indonesia tahun 2010 sampai tahun 2016 mencapai 1,36 % per tahun (Badan Pusat Statistik, 2017). Pertumbuhan penduduk tersebut akan berdampak pada bertambahnya aktivitas masyarakat yang membutuhkan sarana dan prasarana transportasi untuk memudahkan kegiatannya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2017) angka pertumbuhan kendaraan di Indonesia mengalami kenaikan signifikan pada tiap tahunnya dengan didominasi oleh kendaraan pribadi seperti sepeda motor dan mobil penumpang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia Tahun 2013-2017 (Badan Pusat Statistik, 2017)

Kapasitas jalan dan volume lalu lintas yang tidak seimbang menimbulkan kemacetan lalu lintas dan kerugian biaya dalam suatu perjalanan (Muchlisin dkk., 2018; Mahmudah dkk., 2018; Sitanggang, 2014). Ofriyal dkk. (2015) menjelaskan jika peningkatan emisi gas buang kendaraan sejalan dengan meningkatnya jumlah kendaraan. Polutan ini dipengaruhi oleh cuaca, kecepatan angin, suhu, dan kelembaban udara pada udara ambien (Hastutiningrum dkk., 2018). Menurut Sugiyanto (2016) biaya kemacetan diperoleh berdasarkan biaya operasi kendaraan (BOK) dan biaya waktu perjalanan. Upaya untuk mengatasi kemacetan pada simpang bersinyal di Indonesia yaitu dengan memberlakukan Ruang Henti Khusus (RHK). RHK merupakan pemisah antara sepeda motor dengan kendaraan roda empat pada simpang bersinyal (Putra dan Ahyudanari, 2016).

Optimalisasi pengaturan waktu sinyal sangat mempengaruhi kinerja simpang untuk menentukan tingkat kejenuhan, keterlambatan, panjang antrian, dan tingkat layanan pada simpang (*LOS*) (Yulianto dkk., 2018).

Mulyodiputro dan Subanar (2015) menjelaskan bahwa dalam mengevaluasi kinerja simpang terdapat model antrian siklik yaitu kendaraan mewakili pelanggan dan lampu lalu lintas merupakan server. Oleh karena itu, pemodelan simulasi lalu lintas merupakan suatu pendekatan yang efektif untuk menganalisis keadaan lalu lintas yang mendekati kondisi di lapangan. Pemodelan menggunakan *Vissim* dipilih karena dapat mensimulasikan suatu jaringan jalan dalam kondisi lalu lintas tercampur dengan berbagai tipe dan jenis kendaraan (mikroskopik) (Putri dan Irawan, 2015; Irawan dan Putri, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang berdasarkan MKJI 1997 dan pemodelan *Vissim* pada Simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survei lapangan serta analisis data dengan MKJI 1997 dan pemodelan *Vissim 11.00-08 student version* yang secara umum dapat dilihat pada Gambar 2. Penelitian ini dilakukan pada simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Penentuan lokasi penelitian berdasarkan pada hasil pengamatan di lapangan yang ditunjukkan dengan arus lalu lintas yang ramai dan panjangnya antrian pada setiap lengan simpang. Data primer pada penelitian ini meliputi data geometrik, kondisi lingkungan, volume lalu lintas dan jenis kendaraan, waktu siklus dan fase, dan kecepatan setempat. Pengambilan data primer dilakukan pada hari kerja dari pukul 06.00 – 18.00. Data sekunder dalam penelitian ini merupakan data jumlah penduduk sebagai tolak ukur dalam analisis MKJI 1997, peta lokasi, dan data nilai *driving behavior* untuk nilai masukan pada program *Vissim*. Berdasarkan penelitian Pribadi (2017) data tersebut adalah kalibrasi model agar perilaku pengemudi sesuai dengan kondisi di Indonesia



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3 Lokasi Simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta (*Google Earth, 2019*)

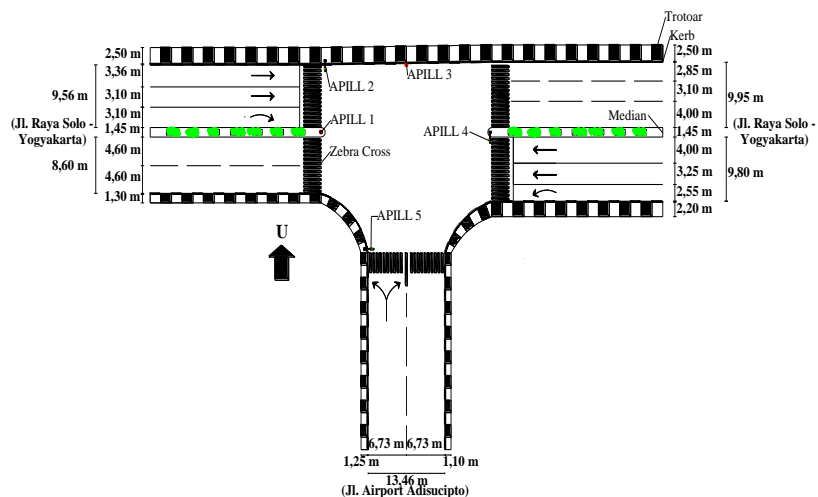
3. Hasil dan Pembahasan

Geometrik simpang dan kondisi lingkungan

Berdasarkan hasil survei geometrik dan kondisi lingkungan yang dilakukan di Simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta dengan pengamatan visual dan dilakukan pengukuran didapatkan lebar lajur pada masing-masing lengan seperti yang dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Geometri Simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta

Nama Jalan	Pendekat (m)			
	Lebar Pendekat (WA)	Lebar Masuk (WENTRY)	Belok kiri langsung (WLTOR)	Lebar Keluar (WEXIT)
Jl. Raya Solo – Yogyakarta (B)	9,56	9,56		8,6
Jl. Raya Solo – Yogyakarta (T)	9,8	9,8	2,55	9,95
Jl. Airport Adisucipto (S)	6,73	6,73	2	6,73



Gambar 4 Geometrik Simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta (tanpa skala)

Tabel 2 Kondisi Lingkungan Simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta

Nama Jalan	Tipe Lingkungan Jalan	Hambatan Samping Tinggi/Rendah	Median Ya/Tidak	Kelandaian +/- %	Belok kiri/langsung Ya/Tidak
Jl. Raya Solo - Yogyakarta (B)	Perumahan	Sedang	Ya		Tidak
Jl. Raya Solo - Yogyakarta (T)	Perumahan	Sedang	Ya		Tidak
Jl. Airport Adisucipto (S)	Perumahan	Sedang	Tidak		Ya

Volume lalu lintas dan jenis kendaraan

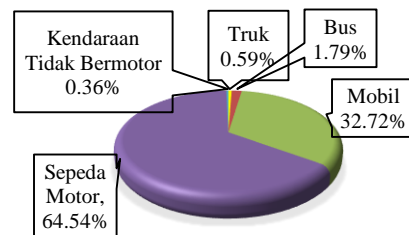
Berdasarkan hasil survei pencacahan kendaraan yang terdiri dari kendaraan berat (HV), kendaraan ringan (LV), sepeda motor (MC), dan kendaraan tidak bermotor (UM) menunjukkan bahwa volume jam puncak pada pukul 07.00 – 08.00 dengan jumlah kendaraan 13.930 kendaraan/jam seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Survei Pencacahan Kendaraan

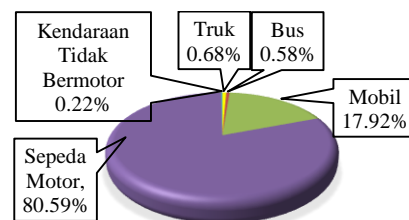
Periode Waktu	Lengan						Total (kend)
	Barat		Timur		Selatan		
	T	S	B	S	B	T	
06.00 - 07.00	2839	961	5640	217	764	205	10626
06.15 - 07.15	3253	995	7555	212	822	241	13078
06.30 - 07.30	3611	991	7794	206	818	274	13694
06.45 - 07.45	3724	984	7870	197	798	283	13856
07.00 - 08.00	3768	984	7937	183	770	288	13930
12.00 - 13.00	2818	844	2872	309	636	218	7697
12.15 - 13.15	2983	855	2894	302	704	278	8016
12.30 - 13.30	2966	869	3071	293	812	352	8363
12.45 - 13.45	2984	871	3047	290	875	424	8491
13.00 - 14.00	3075	877	3106	256	907	474	8695
16.00 - 17.00	4826	768	2464	171	806	279	9314
16.15 - 17.15	4775	748	2518	185	792	306	9324
16.30 - 17.30	4534	748	2553	184	782	319	9120
16.45 - 17.45	4647	747	2600	169	745	309	9217
17.00 - 18.00	5018	744	2501	179	727	280	9449

Komposisi volume lalu lintas jam puncak tertinggi pada setiap lengan simpang

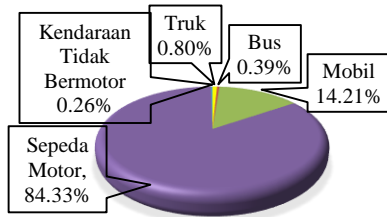
ditunjukkan pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



Gambar 5 Komposisi Kendaraan pada Volume Lalu Lintas Jam Puncak Tertinggi (Lengan Barat)



Gambar 6 Komposisi Kendaraan pada Volume Lalu Lintas Jam Puncak Tertinggi (Lengan Timur)



Gambar 7 Komposisi Kendaraan pada Volume Lalu Lintas Jam Puncak Tertinggi (Lengan Selatan)

Waktu Siklus dan Fase APILL

Simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta memiliki waktu siklus 134 detik yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Waktu Siklus Simping Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta

Lengan	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Merah (detik)	Msemua (detik)	Total (detik)
Barat	53	3	75	3	134
Timur	48	3	80	3	134
Selatan	11	3	117	3	134

Kecepatan Kendaraan

Kecepatan rata-rata kendaraan pada kondisi eksisting kendaraan berat sebesar 29,56 km/jam, kendaraan ringan 31,23 km/jam, dan sepeda motor 39,95 km/jam seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Kecepatan Kendaraan

Jenis Kendaraan	Kecepatan (km/jam)			Rata-rata
	B	T	S	
HV	29,62	31,78	27,28	29,56
LV	34,12	31,28	28,28	31,23
MC	45,62	43,95	30,28	39,95

Analisis MKJI 1997

Arus Jenuh (S) dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \dots \dots (1)$$

dengan S_0 = Arus jenuh dasar; F_{CS} = Faktor koreksi ukuran kota; F_{SF} = Faktor koreksi gangguan samping; F_G = Faktor koreksi kelandaian; F_P = Faktor koreksi parkir; F_{RT} = Faktor koreksi belok kanan; F_{LT} = Faktor koreksi belok kiri; W_e = Lebar efektif pendekat. Nilai arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi lebar efektif pendekat (W_e).

$$S_0 = 600 \times W_e \dots \dots \dots (2)$$

Berdasarkan data Badan Statistik (2017) jumlah penduduk D.I. Yogyakarta tahun 2016 adalah 3.720.912 jiwa sehingga faktor koreksi ukuran kota 1,05 sesuai dengan Tabel 8. Lingkungan jalan di simpang Bandar Udara Adisucipto merupakan area komersial yang memiliki hambatan samping tinggi pada setiap lenggannya. Tipe fase adalah terlindung dengan rasio kendaraan tak bermotor maksimum 5% seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7. Kelandaian pada simpang ini sebesar 1.00 dengan tanjakan 0% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Faktor koreksi parkir dan lajur belok kiri yang pendek (F_P) dapat dihitung dari persamaan (3) dan Gambar 9 berikut, yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau.

$$F_P = \frac{\left[\frac{LP}{3 - (WA - 2)} \times \frac{LP}{3 - g} \right]}{WA} \dots \dots \dots (3)$$

dengan L_P = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang parkir pertama (m) (atau panjang dari lajur pendek); W_A = Lebar pendekat (m); g = Waktu hijau (detik)

Faktor koreksi belok kanan (F_{RT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan (P_{RT}) dan faktor koreksi belok kiri (F_{LT}) ditentukan dari rasio kendaraan belok kiri (P_{LT}) dengan persamaan seperti berikut:

$$F_{RT} = 1,0 + (P_{RT} \times 0,26) \dots \dots \dots (4)$$

Sedangkan,

$$F_{LT} = 1,0 - (P_{LT} \times 0,16) \dots \dots \dots (5)$$

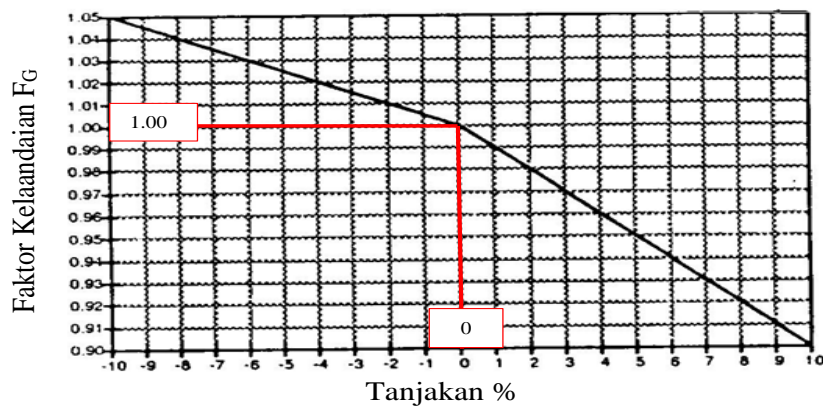
Hasil perhitungan arus jenuh ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 6 Faktor koreksi ukuran kota (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

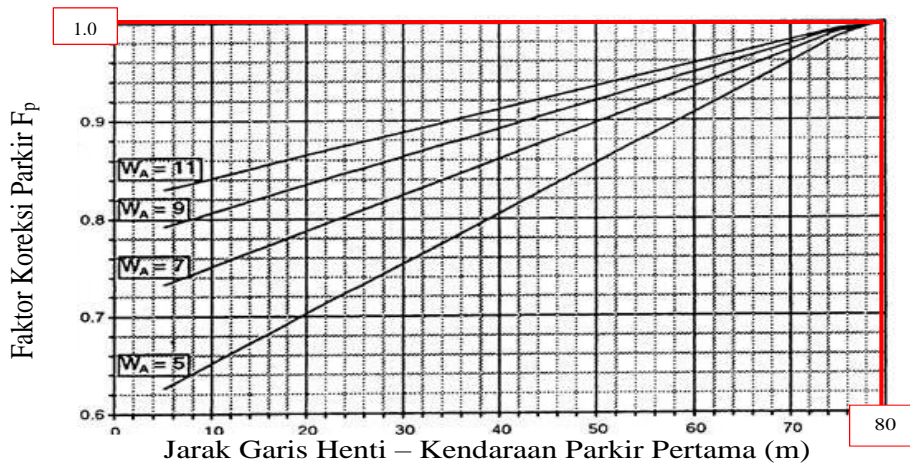
Penduduk kota (Juta jiwa)	Faktor koreksi ukuran kota (F_{CS})
> 3,0	1,05
1,0 - 3,0	1
0,5 - 1,0	0,94
0,1 - 0,5	0,83
< 0,1	0,82

Tabel 7 Faktor koreksi gangguan samping (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥ 0,25
(COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
(RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
(RA)	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88



Gambar 8 Faktor koreksi kelandaian



Gambar 9 Faktor koreksi pengaruh parkir dan lajur belok kiri yang pendek (F_p)

Tabel 8 Nilai Arus Jenuh (S)

Periode	Lengan	Arus Jenuh dasar (S_0) (smp/jam)	Faktor-faktor koreksi					Arus Jenuh (S) (smp/jam)	
			FCS	FSF	FG	FP	FRT		FLT
07.00 - 08.00	B	5736	1,05	0,97	1	1	1,05	1,00	6148,66
	T	5880	1,05	0,97	1	1	1,00	1,00	5960,87
	S	4038	1,05	0,97	1	1	1,07	1,00	4403,78

Kapasitas tiap lengan simpang dapat dihitung dengan persamaan (6) berikut:

$$C = S \times g/c \dots \dots \dots (6)$$

dengan C = Kapasitas (smp/jam); S = Arus jenuh (smp/jam); G = Waktu hijau (detik); c = waktu siklus yang ditentukan (detik)

Nilai kapasitas simpang pada lengan barat sebesar 5776 smp/jam, lengan timur 5600 smp/jam, dan lengan selatan 4137 smp/jam seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Kapasitas Simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta

Periode	Lengan	Arus	Waktu	Waktu siklus	Kapasitas (C)
		Jenuh (S) (smp/jam)	hijau (g) (detik)	disesuaikan (c) (detik)	
07.00 - 08.00	B	6148,66	71,79		5776
	T	5960,87	128,56	247,64	5600
	S	4403,78	32,29		4137

Derajat kejenuhan merupakan faktor utama dalam penentuan kinerja simpang. Nilai derajat jenuh ditentukan dengan persamaan (7) berikut:

$$DS = Q/C \dots \dots \dots (7)$$

dengan DS = Derajat jenuh; Q = Arus lalu lintas (smp/jam); C = Kapasitas (smp/jam)

Hasil perhitungan derajat kejenuhan didapatkan nilai DS > 0,5 pada lengan timur sebesar 0,74. Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Derajat Kejenuhan (DS)

Periode	Lengan	Arus	Kapasitas (C)	Derajat kejenuhan (DS)
		lalu lintas (Q) (smp/jam)	(smp/jam)	
07.00 - 08.00	B	2315	5776	0,40
	T	4019	5600	0,72
	S	746	4137	0,18

Dari nilai derajat jenuh dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian smp yang tertinggal sebelumnya dari fase hijau (NQ₁), diperoleh persamaan:

Jika DS > 0,5

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \dots \dots \dots (8)$$

Jika DS ≤ 0,5

$$NQ_1 = 0 \dots \dots \dots (9)$$

dengan NQ₁ = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya; DS = Derajat jenuh; GR = Rasio hijau (detik); C = Kapasitas (smp/jam) = S × GR

Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ₂) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

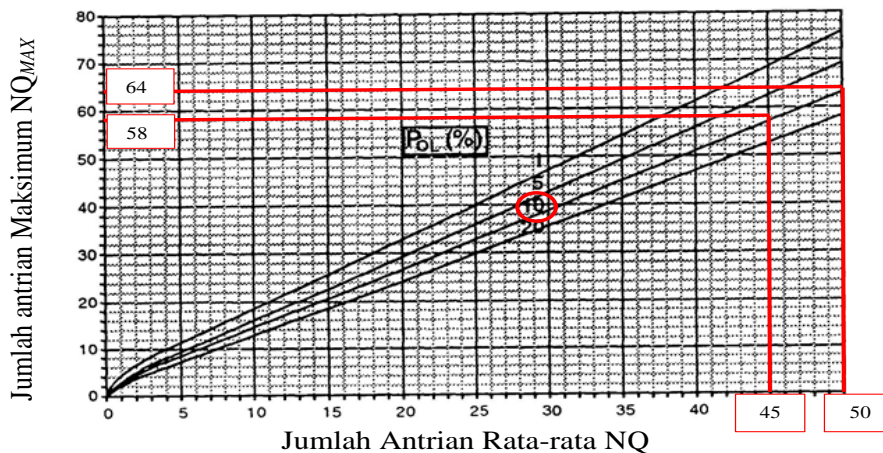
$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots \dots \dots (10)$$

dengan NQ₂ = Jumlah smp yang datang selama fase merah; Q = Volume lalu lintas yang masuk di luar LTOR (smp/detik); c = Waktu siklus (detik); DS = Derajat jenuh; GR = Rasio hijau (detik)

Jumlah antrian total dapat dihitung dengan menjumlahkan hasil dari kedua persamaan diatas.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots \dots \dots (11)$$

Perhitungan nilai NQ_{maks} dihitung berdasarkan peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih P_{OL} (%). Pembebanan untuk perancangan dan perencanaan P_{OL} ≤ 5 % sedangkan operasi suatu nilai P_{OL} = 5 – 10 %. Perhitungan jumlah antrian (NQ_{MAX}) dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Perhitungan jumlah antrian (NQ_{MAX}) dalam smp

Perhitungan panjang antrian dalam satuan meter dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$NQ_L = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{ENTRY}} \dots\dots\dots(12)$$

dengan NQ_L = Panjang antrian (meter); NQ_{MAX} = Panjang antrian maksimum (smp/jam); W_{ENTRY} = Lebar lajur yang ditinjau (meter).

Nilai panjang antrian tertinggi pada periode pukul 07.00 – 08.00 yaitu pada lengan timur dengan panjang antrian 529,02 m yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Panjang Antrian Simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta

Periode	Lengan	Jumlah kendaraan antri (smp)				Panjang antrian (QL) (m)
		NQ1	NQ2	NQ Total	NQ Max	
07.00 - 08.00	B	0	127,96	127,96	157,56	329,62
	T	0,77	211,91	212,68	259,22	529,02
	S	0	45,68	45,68	58,82	174,79

Angka rasio kendaraan terhenti (NS) tiap smp diperoleh dari:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{(Q \times c)} \times 3600 \dots\dots\dots(13)$$

Sedangkan,

$$NS_v = Q \times NS \dots\dots\dots(14)$$

dengan NS = Rasio kendaraan terhenti (stop/smp); NS_v = Jumlah kendaraan terhenti (smp/jam); NQ = Jumlah antrian total; Q = Arus lalu lintas (smp/jam); c = Waktu siklus (detik)

Hasil perhitungan didapatkan jumlah kendaraan terhenti pada lengan barat sebesar 1674 smp/jam, lengan timur 2783 smp/jam, dan lengan selatan 598 smp/jam seperti yang ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12 Kendaraan terhenti

Periode	Lengan	Rasio	Jumlah kendaraan
		kendaraan (NS) (stop/smp)	terhenti (Nsv) (smp/jam)
07.00 - 08.00	B	0,72	1674
	T	0,69	2783
	S	0,80	598

Tundaan lalu lintas (DT) terjadi karena adanya pergerakan lalu lintas pada simpang

sedangkan tundaan geometri rata-rata (DG) terjadi akibat perlambatan dan percepatan yang disebabkan oleh lampu merah.

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \dots\dots(15)$$

dengan DT = Tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp); c = Waktu siklus (detik); DS = Derajat jenuh; GR = Rasio hijau (detik); C = Kapasitas (smp/jam) = S × GR; NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

Sedangkan,

$$DG = (1 - P_{sv}) \times (P_T \times 6) + (P_{sv} \times 4) \dots\dots\dots(16)$$

dengan DG = Tundaan geometri rata-rata (det/smp); P_{sv} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat; P_T = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat.

Tundaan rata-rata (D) diperoleh dengan menjumlahkan tundaan lalu lintas rata-rata dan tundaan geometri rata-rata. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13 Tundaan Kendaraan pada Simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta

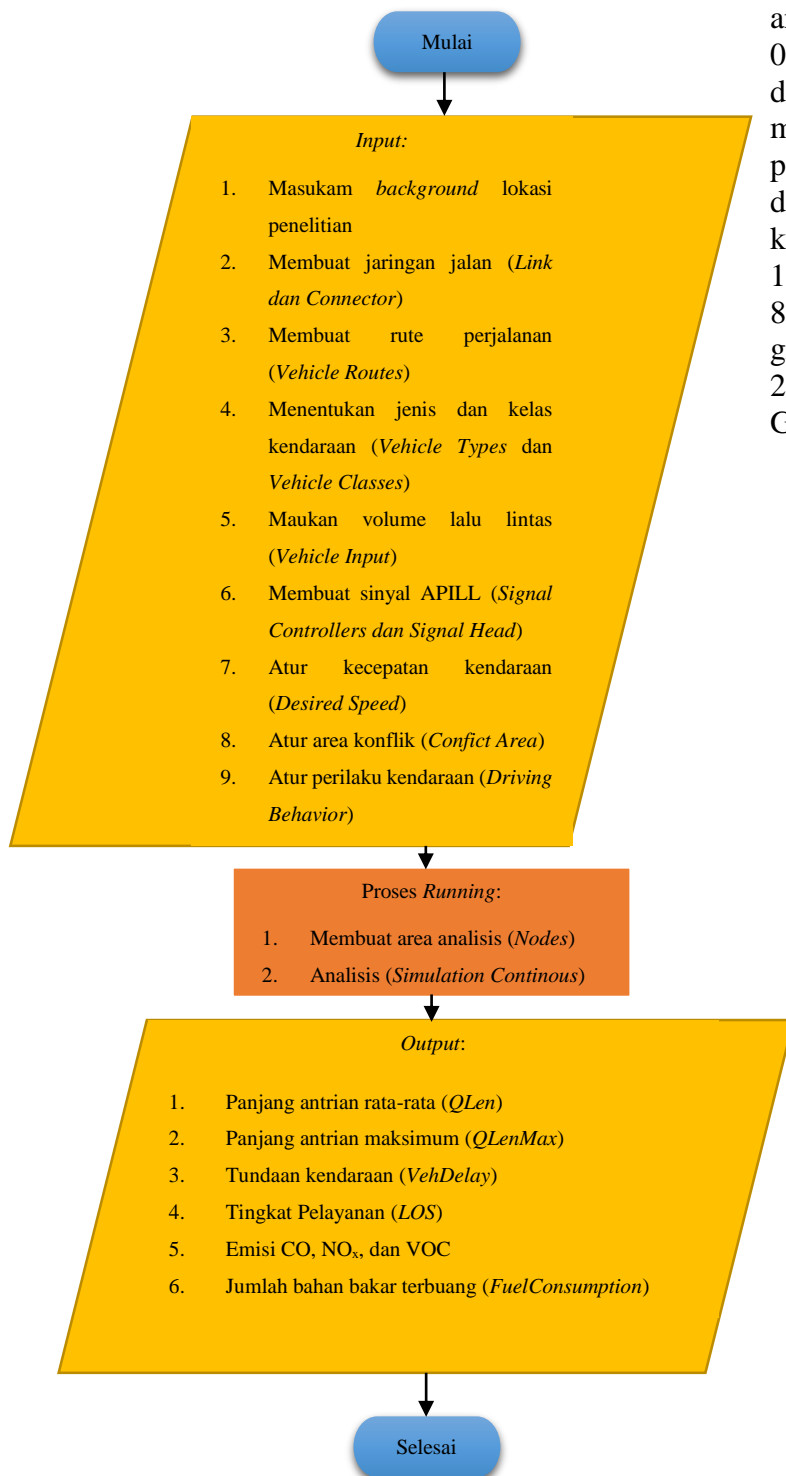
Periode	Lengan	Tundaan	Tundaan	Tundaan	Tundaan
		lalu lintas rata-rata (DT) (detik/smp)	geometrik rata-rata (DG) (detik/smp)	rata-rata (D) (detik/smp)	total (smp.det)
07.00 - 08.00	B	70,64	4,14	74,78	173140,67
	T	46,13	2,81	48,94	196708,01
	S	95,89	3,53	99,42	74139,86

Pemodelan Vissim

Menurut Pribadi dkk. (2014) *Vissim* mensimulasikan aliran lalu lintas yang dibebankan pada perilaku pegemudi dan kemampuan teknik kendaraan. Winnetou dan Munawar (2015) menjelaskan bahwa model simulasi *Vissim* dapat digunakan untuk mengetahui atau membandingkan kecepatan kendaraan yang dikalibrasi melalui uji statistik.

Program *Vissim* 11.00-08 *student version* digunakan untuk memodelkan simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta seperti keadaan aslinya. Langkah-langkah pemodelan simpang yaitu dimulai dengan memasukkan data geometrik simpang yang dapat dilihat pada

Gambar 4. Hasil keluaran *Vissim* meliputi panjang antrian, tundaan kendaraan, tingkat pelayanan (*level of service*), dan emisi gas buang kendaraan yang selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 11.

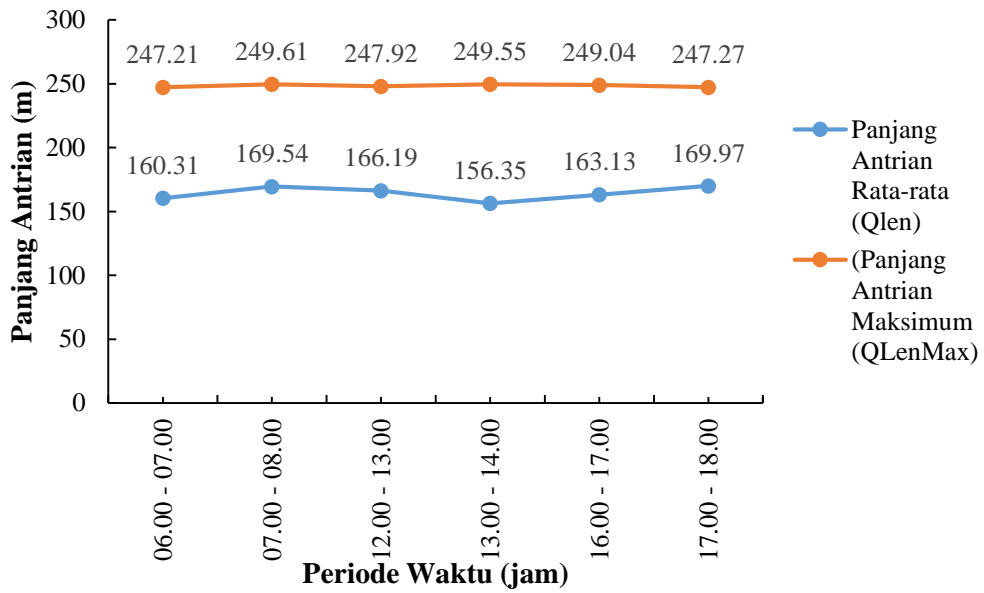


Gambar 11 Pemodelan dengan *Vissim 11.00-08 Student Version*

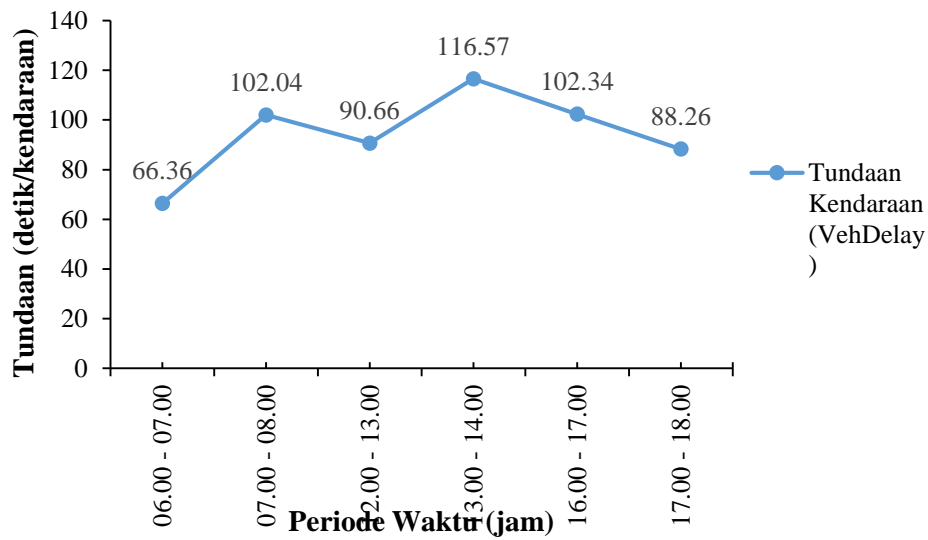
Berdasarkan pemodelan *vissim* didapatkan nilai tingkat pelayanan F (sangat buruk) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 14. Nilai panjang antrian rata-rata maksimum terdapat pada pukul 17.00 – 18.00 sebesar 169,97 m dan panjang antrian maksimum terdapat pada pukul 07.00 – 08.00 sebesar 249,61 m seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12. Tundaan maksimum sebesar 116,57 m yang terdapat pada pukul 13.00 – 14.00 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13. Emisi gas buang kendaraan tertinggi yaitu pada pukul 16.00 – 17.00 dengan karbon monoksida (CO) sebesar 867,27 gram, nitrogen oksida (NO_x) 168,74 gram, dan senyawa organik menguap (VOC) 201,00 gram seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.

Tabel 14 Tingkat Pelayanan (*LOS*)

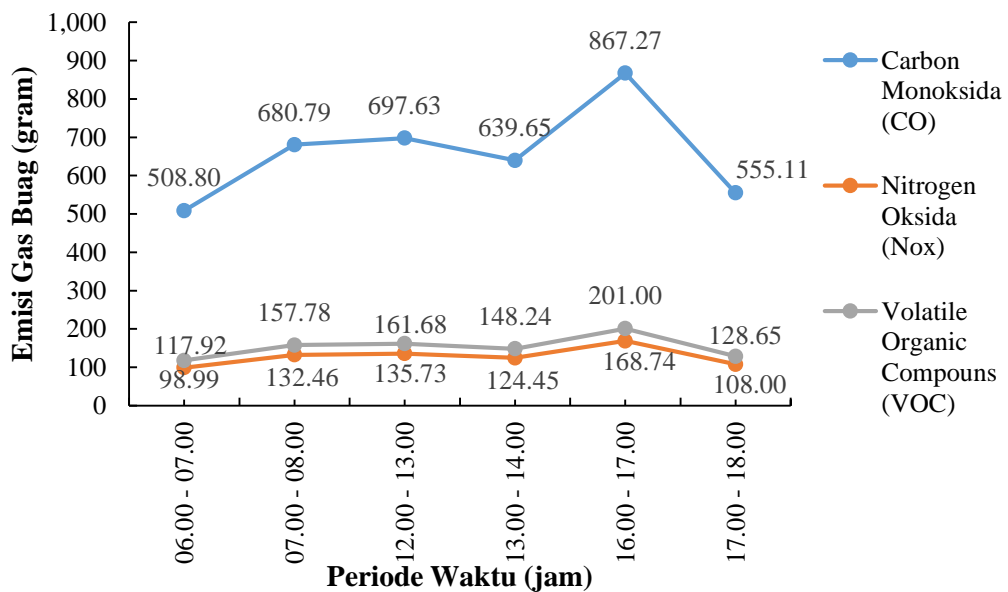
Periode Waktu	Tingkat Pelayanan
06.00 - 07.00	E
07.00 - 08.00	F
12.00 - 13.00	F
13.00 - 14.00	F
16.00 - 17.00	F
17.00 - 18.00	F



Gambar 12 Panjang Antrian Kendaraan



Gambar 13 Tundaan Kendaraan



Gambar 14 Emisi Gas Buang Kendaraan

Tabel 15 Perbandingan Hasil Analisis Simpang Berdasarkan (a) MKJI 1997 dan (b) *Vissim* 11.00-08 Student Version

Periode Waktu	Panjang Antrian (Qlen) (m)						Tundaan Kendaraan (VehDelay) (detik/kendaraan)						LOS (Peraturan Menteri No. 96 Tahun 2015)					
	B		T		S		B		T		S		B		T		S	
	MKJI	VISSIM	MKJI	VISSIM	MKJI	VISSIM	MKJI	VISSIM	MKJI	VISSIM	MKJI	VISSIM	MKJI	VISSIM	MKJI	VISSIM	MKJI	VISSIM
06.00 - 07.00	147,66	195,08	206,03	220,06	85,77	65,79	38,76	74,70	28,08	54,21	49,86	70,17	D	F	D	E	E	F
07.00 - 08.00	329,62	190,25	529,02	222,87	174,79	95,51	74,78	66,78	48,94	86,40	99,42	152,94	F	F	E	F	F	F
12.00 - 13.00	86,00	196,87	86,46	215,56	48,93	86,16	23,68	71,93	22,03	75,79	32,67	124,26	C	F	C	F	D	F
13.00 - 14.00	120,64	175,25	115,38	199,61	84,71	94,20	28,52	72,32	27,82	76,56	35,97	200,84	D	F	D	F	D	F
16.00 - 17.00	128,00	172,52	91,92	223,22	68,20	93,65	23,35	75,81	28,53	92,60	34,84	138,62	C	F	D	F	D	F
17.00 - 18.00	134,84	204,48	95,71	211,91	63,99	93,51	23,10	70,68	28,49	48,65	36,31	145,45	C	F	D	E	D	F

Hasil analisis MKJI 1997 dengan *Vissim* didapatkan nilai yang berbeda-beda. Nilai *Level of Service (LOS)* di lengan barat pada pukul 07.00 – 08.00 adalah F. Hal yang sama ditunjukkan pada lengan selatan dengan *LOS* adalah F dan lengan timur simpang dengan MKJI 1997 didapat *LOS* adalah E sedangkan *LOS* berdasarkan *Vissim* adalah F.

Panjang antrian pada setiap lengan terjadi perbedaan yang signifikan antara MKJI 1997 dan *Vissim* dengan panjang antrian sebesar 329,62 m dan 190,25 pada lengan barat, 529,02 m dan 222,87 m pada lengan timur, 174,79 m dan 95,51 m pada lengan selatan.

Analisis MKJI 1997 untuk tundaan kendaraan didapatkan nilai yang berbeda dengan pemodelan *Vissim* dengan nilai tundaan sebesar 74,78 detik/kendaraan dan 66,78 detik/kendaraan pada lengan barat, 48,94 detik/kendaraan dan 86,40 detik/kendaraan pada lengan timur, 99,42 detik/kendaraan dan 152,94 detik/kendaraan pada lengan selatan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 15. Secara umum hasil *Vissim* lebih mendekati kondisi yang terjadi di lapangan.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian tentang analisis kinerja simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta sebagai berikut:

1. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang dan potensi dampak pencemaran udara akibat *Green House Gases (GHG)* pada simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta.

2. Survei lapangan meliputi data geometrik simpang, kondisi lingkungan, volume lalu lintas dan jenis kendaraan, waktu siklus dan fase APILL, serta kecepatan setempat. Volume jam puncak didapatkan pada pukul 07.00 – 08.00 dengan jumlah kendaraan 13.930 kendaraan/jam dengan jam puncak tertinggi pada pukul 07.00 – 07.15 sebesar 4.578 kendaraan/jam.
3. Hasil pemodelan *Vissim* untuk kondisi eksisting didapatkan nilai tingkat pelayanan F (sangat buruk) dan tundaan rata-rata 102,04 detik/kendaraan. Nilai panjang antrian maksimum hasil simulasi pemodelan sebesar 249,61 m, sedangkan panjang antrian rata-rata 169,54 m. Indikator akibat panjang antrian dan tundaan dari sisi lingkungan yaitu besar konsumsi bahan bakar dan gas buang kendaraan yang ditunjukkan dengan emisi karbon monoksida (CO) 680,79 gram, emisi nitrogen oksida (NO_x) 132,46 gram, dan senyawa organik menguap (VOC) 157,78 gram. Konsumsi bahan bakar pada simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta sebesar 9,74 US liquid gallon atau setara 2,57 liter.
4. Nilai panjang antrian rata-rata maksimum terdapat pada pukul 17.00 – 18.00 sebesar 169,97 m dan panjang antrian maksimum terdapat pada pukul 07.00 – 08.00 sebesar 249,61 m. Tundaan maksimum sebesar 116,57 m yang terdapat pada pukul 13.00 – 14.00 dan emisi gas buang kendaraan tertinggi yaitu pada pukul 16.00 – 17.00 dengan karbon monoksida (CO) sebesar 867,27 gram, nitrogen oksida (NO_x) 168,74

gram, dan senyawa organik menguap (VOC) 201,00 gram.

5. Hasil analisis menggunakan *Vissim 11.00-08* lebih baik dibandingkan dengan MKJI 1997 karena *Vissim* dapat mensimulasikan kendaraan dengan kondisi di lapangan serta adanya penyesuaian perilaku pengemudi sedikit mengurangi panjang antrian dan tundaan di Simpang Bandar Udara Adisucipto Yogyakarta.

5. Daftar Pustaka

- Ansusanto, D., & Tanggu, S., 2016, Analisis Kinerja dan Manajemen pada Simpang dengan Derajat Kejenuhan Tinggi. *Dinamika Rekayasa*, 12(2), 79-86.
- Badan Pusat Statistik, 2017, *Laju Pertumbuhan Penduduk Menurut Provinsi*, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik, 2017, *Statistik Transportasi Darat*, Jakarta.
- Cahyaningrum, F. P., & Munawar, A., 2014, Koordinasi Simpang Bersinyal Pada Simpang Kentungan-Simpang Monjali Yogyakarta, *Jurnal Transportasi*, 14(1).
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Bina Karya, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1992, *Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan*, Jakarta.
- Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta, 2017, Hasil Studi: *Studi Evaluasi Kinerja Ruas Jalan dan Simpang Perkotaan 2017*, Yogyakarta.
- Hariato, J., 2004, *Perencanaan Persimpangan Tidak Sebidang Pada Jalan Raya*, KMTS FT USU, Medan.
- Hastutiningrum, S., & Sunarsih, S., 2018, Analisis Hubungan Aktivitas Kendaraan Bermotor Terhadap Konsentrasi SO₂ Dan NO₂ Di Udara Ambien (Studi Kasus: Jl. Panembahan Senopati Yogyakarta), *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 11(1), 85-94.
- Irawan, M. Z., & Putri, N. H., 2017, Kalibrasi *Vissim* Untuk Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas Tercampur Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta), *Jurnal Transportasi Multimoda*, 13(3), 97-106.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2015, *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) Kapasitas Simpang APILL*, Jakarta.
- Khisty, C.J. dan Lall, B.K., 2005, *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi*, Erlangga, Jakarta.
- Mahmudah, N., Akbar, R., dan Muchlisin, 2018, Analysis of Congestion Cost at Signalized Intersection using *Vissim 9* (Case Study at Demak Ijo Intersection, Sleman), *Proceeding of the 1st International Symposium on Transportation Studies in Developing Countries (ISTSDC 2017)*, In *Matec Web of Conferences*, Volume 181. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818106001>.
- Mahmudah, N., Bayunagoro, D.H., dan Muchlisin., 2016, Pemodelan Lalu Lintas Pada Simpang Bersinyal Di Kota Yogyakarta (Studi Kasus : Simpang Pingit), In *Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 4*, 26 November, Purwokerto, Indonesia, 596–603.
- Muchlisin, Yusup, M., dan Mahmudah, N., 2018, Congestion Cost Analysis of Condongcatur Signalized Intersection Sleman, D.I. Yogyakarta, *Proceeding of the 1st International Symposium on Transportation Studies in Developing Countries (ISTSDC 2017)*, In *Matec Web of Conferences*, Volume 181. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818106003>.
- Malkhamah, S., Clausthiawan, M., & Noviandhita, G., 2018, Nilai Arus Jenuh, Kinerja Simpang, Dan Kebutuhan Fasilitas Belok Kanan Bagi Sepeda Motor Di Simpang Upn Yogyakarta, *Prosiding Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi*, Retrieved from [https://ojs.fstpt.info/index.php?journal=Pr osFSTPT&page=article&op=view&path\[\]=150](https://ojs.fstpt.info/index.php?journal=Pr osFSTPT&page=article&op=view&path[]=150).
- Mulyodiputro, M., & Subanar, S., 2015, Simulation of queue with cyclic service in

- signalized intersection system, *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, 1(1), 30-40.
- Munawar, A., 2005, *Dasar-dasar Transportasi*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Nugroho, D. A., & Malkhamah, S., 2018, Manajemen Sistem Transportasi Perkotaan Yogyakarta. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 20(1), 9-16.
- Ofriah, S. A. M. P., Ahyudanari, E., & Syafei, A. D., 2016, Estimation on the increasing value of CO based on the vehicle growth in Surabaya, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 227, 410-416.
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 tentang *Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*.
- Peraturan Meteri Pekerjaan Umum Nomor 19/PRT/M/2011 tentang *Persyaratan Teknis Jalan dan Kreteria Perencanaan Teknis Jalan*.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang *Pengendalian Pencemaran Udara*.
- Pribadi, O. S., Munawar, A., & Malkhamah, S., 2014, Analisis Kapasitas Jalan dengan Metode Traffic Microsimulation, In *Proceeding 17th FSTPT International Symposium, Jember: Universitas Jember*.
- Pribadi, O.S., 2017, *Pengkinian Manual Kapasitas Jalan Indonesia Segmen Jalan Perkotaan Dengan Traffic Microsimulation*, Disertasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.
- PTV, 2018, *PTV Vissim 11.00-08 User Manual*, PTV AG, Karlsruhe.
- Sitanggang, L. H. S., 2014, Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Jalan KH Wahid Hasyim-Jalan Gajah Mada). *Jurnal Teknik Sipil USU*, 3(2).
- Sugiyanto, G., 2016, The impact of congestion pricing scheme on the generalized cost and speed of motorcycle to the city of Yogyakarta, Indonesia, *Journal of*
- Ortuzar, J. D. and Willumsen, L. G., 2011, *Modelling Transport*, 4th Ed, John Wiley & Sons.
- Putra, Y. R., & Ahyudanari, E., 2016, Simulasi Perencanaan Ruang Henti Khusus Pada Simpang Bersinyal Jalan Dr. Ir. H. Soekarno-Jalan Kertajaya Indah Surabaya Ditinjau Dari Nilai Tundaan, *Jurnal Teknik ITS*, 5(1).
- Putri, N. H., & Irawan, M. Z. (2015). Mikrosimulasi Mixed Traffic pada Simpang Bersinyal dengan Perangkat Lunak Vissim (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta). *Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada. Engineering and Applied Sciences*, 11(8), 1740-1746.
- Tamin, O.Z., 2000, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Edisi Kedua, ITB, Bandung.
- Transportation Research Board, 2000, *Highway Capacity Manual*, United States of America.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang *Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*.
- Wijanarko, I., & Ridlo, M. A., 2019, Faktor-Faktor Pendorong Penyebab Terjadinya Kemacetan Studi Kasus: Kawasan Sukun Banyumanik Kota Semarang. *Jurnal Planologi*, 14(1), 63-74.
- Winnetou, I. A., & Munawar, A., 2015, Penggunaan Software Vissim Untuk Evaluasi Hitungan MKJI 1997 Kinerja Ruas Jalan Perkotaan (Studi Kasus: Jalan Affandi, Yogyakarta). In *The 18th FSTPT International Symposium* (p. 8).
- Yulianto, B., Setiono., Setiawan, A.B., dan Putra, D.R.W., 2018, Analysis of signalized intersection performance using IHCM 1997 method and PTV Vistro software, *The 4th International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering (ICRMCE 2018)*, In *Matec Web of Conferences*, Volume 195. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201818106001>.

